

## Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans un sol d'alluvions argileuses montmorillonitiques de Martinique sous culture bananière.

Application à la programmation de la fumure.

J. GODEFROY, B. DELVAUX et Micheline DORMOY\*

THE DYNAMICS OF MINERAL FERTILISING ELEMENTS IN A MONTMORILLONITIC CLAYEY ALLUVIAL SOIL IN MARTINIQUE UNDER BANANAS.

Application to fertilizer programming.

J. GODEFROY, B. DELVAUX and Micheline DORMOY.

Fruits, Nov.-Dec. 1990, vol. 45, n° 6, p. 543-551.

**ABSTRACT** - As in all banana plantation soils, the evolution of mineral nitrogen depends on the application of fertilizer and on rainfall during the season (leaching). In this clayey soil where montmorillonite is dominant, the cation exchange capacity (CEC) is high (40 meq/100 g), but the selectivity of the adsorption sites specific to the  $K^+$  ion is relatively low, of the order of 3 meq/100, i.e. 7% of the CEC. Given the high buffer capacity of the soil for potassium, it must be rich in  $K^+$  to maintain a sufficiently high potassium concentration in the soil solution and to provide good potassium nutrition for the plants. A high  $K^+$  level is especially necessary when the soil is rich in  $Ca^{2+}$  and  $Mg^{2+}$  (total 37 meq/100 g). In banana plantation soil whose exchangeable potassium content is about 3 meq/100 g, the value considered as being optimal in this type of soil, we recommend the application of a compound fertilizer with an N/K<sub>2</sub>O ratio of 1, spreading frequency based on a critical rainfall threshold of 150 to 200 mm and dosage of 10 to 12 g of N and K<sub>2</sub>O per banana plant.

DYNAMIQUE DES ELEMENTS MINERAUX FERTILISANTS DANS UN SOL D'ALLUVIONS ARGILEUSES MONTMORILLONITIQUES DE MARTINIQUE SOUS CULTURE BANANIERE.

Application à la programmation de la fumure.

J. GODEFROY, B. DELVAUX et Micheline DORMOY.

Fruits, Nov.-Dec. 1990, vol. 45, n° 6, p. 543-551.

**RESUME** - Comme dans tous les sols de bananeraies, l'évolution de l'azote minéral est fonction des apports d'engrais et de la pluviosité de la saison (lixiviation). Dans ce sol argileux où la montmorillonite est le minéral dominant, la capacité d'échange cationique (CEC) est élevée (40 mé/100 g) mais la sélectivité des sites d'adsorption spécifique de l'ion  $K^+$  est relativement faible ; de l'ordre de 3 mé/100 g, soit 7 p. 100 de la CEC. Compte tenu du pouvoir tampon élevé du sol vis-à-vis du potassium, il est nécessaire qu'il soit riche en  $K^+$  afin de maintenir une concentration suffisante en potassium dans la solution du sol et, ainsi, d'assurer une bonne nutrition potassique de la plante. Un niveau élevé en  $K^+$  est d'autant plus nécessaire que le sol est riche en  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$  (somme = 37 mé/100 g).

Pour une terre de bananeraie dont la teneur en potassium échangeable est voisine de 3 mé/100 g, valeur considérée comme optimale dans ce type de sol, nous recommandons de fertiliser avec un engrais complexe dont le rapport N/K<sub>2</sub>O est égal à 1, une fréquence des épandages basée sur un seuil critique de pluviosité (SCP) de 150 à 200 mm et une dose de 10 à 12 g de N et de K<sub>2</sub>O par bananier.

**MOTS CLES** : Sol bananeraie - Alluvions argileuses montmorillonitiques - Dynamique azote minéral - Dynamique potassium - Fumure minérale - Martinique.

### INTRODUCTION

Ce dernier article de notre série de publications sur la dynamique des éléments fertilisants apportés par les engrais dans les sols des bananeraies martiniquaises (cf. bibliographie), concerne un sol d'alluvions dans lequel le minéral

argileux dominant est la montmorillonite.

Ces sols constituent de bonnes terres pour la culture bananière dans la mesure où les ressources en eau pour l'irrigation sont suffisantes, ce qui est le cas depuis la construction du barrage de la Manzo et l'aménagement de périmètres irrigués dans la région sud de la Martinique. D'après les enquêtes réalisées par B. DELVAUX (1989) et Ph. LORIDAT (1989), c'est dans ces sols que l'on observe les plus faibles niveaux d'infestation en nématodes et la quasi absence d'un champignon des racines du genre *Cylindroclava*.

\* - J. GODEFROY - IRFA/CIRAD - B.P. 5035 - 34032 Montpellier Cedex 01

B. DELVAUX et Micheline DORMOY - IRFA/CIRAD - B.P. 153 97202 FORT DE FRANCE Cedex

*dium*. Ce parasite est fréquent, en revanche, dans d'autres conditions édaphiques telles que les andosols ou les sols sur ponces.

Ces terres d'alluvions argileuses montmorillonitiques sont, principalement, localisées dans le sud et le sud-est de l'île.

Le but de cette expérimentation, conduite de février 1987 à décembre 1988, est d'étudier, dans ce type de sol, l'évolution de l'azote et du potassium apportés par les engrais minéraux en fonction des conditions climatiques (pluies) et d'en tirer des enseignements pour programmer la fumure.

## CONDITIONS DE L'ETUDE

### Situation et caractéristiques écologiques du site.

La parcelle expérimentale est située dans l'habitation Simon, Commune du François (latitude : 14° 35' N, longitude : 60° 52' O, altitude : 5 mètres). Paysage de plaine ; pente quasi-nulle (1 à 2 p. 100).

Le climat est de type tropical humide avec une pluviosité annuelle moyenne de 1 410 mm (1964-1988). Les pluies sont inégalement réparties au cours de l'année : 40 à 100 mm par mois de janvier à juin, 120 à 195 mm de juillet à décembre. Les pluviosités des années 1987 et 1988 sont, respectivement, de 1 721 et 1 507 mm, soit un peu supérieures à la moyenne.

La température annuelle moyenne est de 26,7°C (1971-1988) avec une amplitude mensuelle moyenne faible : 25,8°C (février) à 27,4°C (août).

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est de l'ordre de 100 à 130 mm/mois d'août à février et de 130 à 160 mm de mars à juillet. Le bilan hydrique est déficitaire (pluie < ETP) 6 à 8 mois par an, de décembre à juillet.

Sur la carte pédologique au 1/20 000, le sol est cartographié en Aaw : alluvions lourdes montmorillonitiques avec présence de caractères d'hydromorphie à moins de 120 cm de profondeur (COLMET-DAAGE, 1969). L'horizon supérieur (0-25 cm) est constitué de 53 p. 100 d'argile, 32 p. 100 de limon et 15 p. 100 de sable (tableau Annexe 1). Du point de vue minéralogique, l'analyse de la fraction argileuse (< 2 microns) par diffraction des rayons X indique la présence de montmorillonite et de kaolinite avec dominance de la première. La teneur en matière organique est moyenne (3,2 p. 100). Le pH est fortement acide (4,3), d'où la présence non négligeable d'aluminium échangeable (1,3 à 2,1 mé/100 g). Mais, compte tenu de la richesse du sol en calcium et en magnésium (37 mé/100 g), le rapport :  $Al/(Ca + Mg + K + Na + Al) = 4,5$  p. 100 n'est pas excessif (tableau annexe 2).

Les réserves en cations basiques sont élevées (170 à 180 mé/100 g). Le magnésium est l'élément dominant (59 p. 100), suivi du calcium (35 p. 100) puis du potassium (6 p. 100).

Les résultats de l'enquête effectuée en décembre 1989 par B. DELVAUX, montrent que le sol de la parcelle expé-

rimentale est bien représentatif de celui des bananeraies du sud de l'île cultivées sur des alluvions argileuses à montmorillonite. Toutefois, certaines des parcelles étudiées lors de l'enquête ont des pH plus acides et des teneurs en aluminium échangeable plus élevées.

### Conduite de l'expérimentation.

La parcelle d'une superficie de 2 600 m<sup>2</sup> avec les bananiers de bordure est subdivisée en 5 sous-parcelles (répétitions) de 260 m<sup>2</sup> utiles (60 bananiers observés). Des prélèvements de terre pour analyses sont effectués mensuellement de 0 à 25 cm de profondeur, dans le petit interligne, juste avant les épandages d'engrais complexe qui sont faits à la même fréquence (5 échantillons de 30 «carottes» chacun). Dans ces conditions, les analyses de l'azote et du potassium du sol correspondent aux teneurs minimales. Les cations (Ca, Mg, K) sont extraits par la méthode à l'acétate d'ammonium 1 N à pH = 7,0.

Le cultivar est la Grande Naine plantée en lignes jumelées (1,70 x 3,40 x 1,70 mètres), soit une densité de 2 310 plants à l'hectare. Les grands interlignes de 3,40 m sont traversés par des fossés de drainage.

En début d'expérimentation (février 1987), les bananiers sont à un stade proche de la récolte des régimes du premier cycle (planté).

Les quantités d'engrais N P K apportées mensuellement, initialement «calquées» sur celle du planteur (135 g de 14-6-28 par bananier) ont été réduites à partir de la deuxième année (100 g de 15-7-24) car les teneurs en potassium du sol étaient excessives (> 5,0 mé/100 g). L'engrais est localisé sur le petit interligne de 1,70 mètres.

A certaines périodes d'abondantes quantités de résidus de cultures sont épandues sur le petit interligne. La technique utilisée par le planteur consiste, en effet, à récolter le régime sans couper le bananier et à laisser pousser tous les rejets. Quand la parcelle est récoltée, les bananiers sont coupés ainsi que les rejets non conservés et l'ensemble de ces résidus végétaux sont étalés sur l'interligne de 1,70 m, ce qui représente une masse abondante de matière végétale et des apports d'éléments minéraux qu'il n'a pas été possible de quantifier.

La bananeraie est irriguée par aspersion sur frondaison en période de fort déficit hydrique, laquelle se situe, généralement, de février à mai. La quantité d'eau appliquée à chaque irrigation est de l'ordre de 20 mm et la fréquence de 4 à 5 jours.

En périodes pluvieuses la parcelle a été inondée à 4 reprises : mai et novembre 1987, août et septembre 1988.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Azote.

Compte tenu du niveau en azote organique du sol (1,8 p. 1000), l'azote minéral dû à la minéralisation de N organique est peu abondant (GODEFROY et DORMOY,

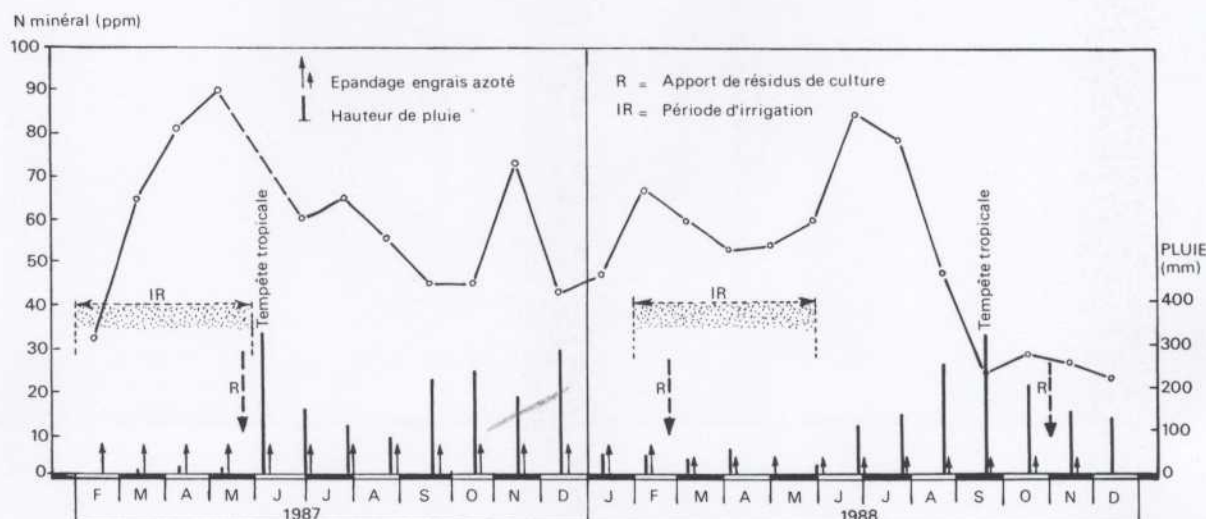


Figure 1 • EVOLUTION DE L'AZOTE MINERAL.

1983 a). L'azote minéral provient, principalement, de l'engrais et des résidus de culture (stipes, feuilles, rejets). La première année, la quantité d'azote par épandage a été de 19 g par bananier puis de 15 g à partir du mois de mars 1988. Ces apports ont été largement suffisants, puisque les teneurs minimales en azote du sol se sont presque toujours maintenues en dessus de 40 ppm (19 mois sur 23) et que la valeur la plus faible est de 23 ppm (figure 1).

L'étude comparative de l'évolution des teneurs en azote minéral et de la pluviométrie montre une tendance à un enrichissement du sol en période de déficit hydrique et à un appauvrissement en période pluvieuse. La relation entre ces deux variables est, toutefois, moins étroite dans cette expérimentation que dans les précédentes (GODEFROY et DORMOY, 1983 b) ; le coefficient de corrélation entre les gains et les pertes en azote (y) entre deux analyses consécutives et la pluviométrie (x) pendant le même intervalle est, seulement de -0,59\*\*. La pluviométrie n'explique que 35 p. 100 des variations de y. Le coefficient de corrélation est identique si on assimile les irrigations à des pluies. D'après l'équation de la droite de régression  $y = f(x)$ , lorsque  $y = 0$ , c'est-à-dire quand les teneurs en N entre deux prélèvements de terre successifs, dont le premier a été immédiatement suivi d'un épandage d'engrais, ne varient pas,  $x = 131$  mm (figure 2).

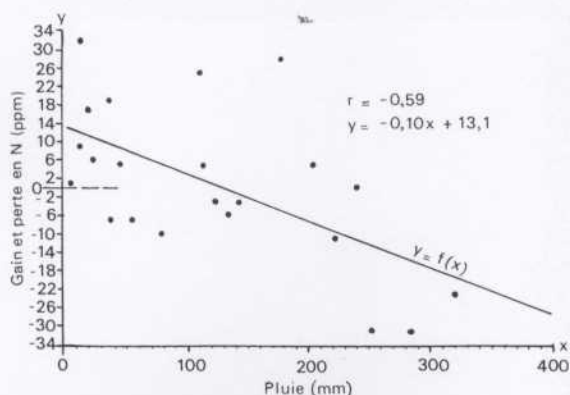


Figure 2 • RELATION ENTRE LES PLUVIOSITES (x) ET LES VARIATIONS DE TENEUR EN N (y) ENTRE DEUX ANALYSES CONSECUTIVES.

Si, au lieu de considérer l'azote minéral total : N ammoniacal plus N nitrique, on étudie  $NH_4$  et  $NO_3$  séparément, les coefficients de corrélation entre les gains et les pertes de ces éléments et la pluviométrie sont respectivement de -0,34\* et -0,63\*\*

Plusieurs causes peuvent être mentionnées pour expliquer l'absence de relations plus étroites entre l'évolution de N minéral et la pluviométrie dans cette bananeraie :

1. la modification des doses d'engrais en cours d'expérimentation et les apports massifs de résidus de culture (cf. ci-dessus) qui, en se biodégradant, « libèrent » de l'azote minéral (donc variations mensuelles des « entrées ») ;
2. une partie de l'engrais épandu sur une épaisse couche de résidus végétaux n'arrive peut-être pas au sol (pertes par volatilisation ou par ruissellement) ;
3. entraînement de l'engrais par les eaux de surface lors des inondations ou, au contraire, apports extérieurs.

Potassium.

L'évolution comparative des teneurs en  $K^+$  échangeable et de la pluviométrie est représentée à la figure-3, dont deux éléments marquants se dégagent : le niveau élevé des teneurs en  $K^+$  (3,5-6,5 mé/100 g) et l'absence de corrélation entre la dynamique du potassium et la pluviométrie. Les niveaux actuellement élevés en  $K^+$  échangeable sont dus aux apports abondants d'engrais potassiques depuis plusieurs décennies. Au début des années 1960, les teneurs en  $K^+$  échangeable dans les sols de cette plantation étaient de l'ordre de 1 mé/100 g (MONTAGUT et MARTIN-PREVEL, 1965). Le coefficient de corrélation entre les gains ou les pertes en  $K^+$  et la pluviométrie est de -0,18 (n = 22). En considérant les irrigations « théoriques », la valeur de « r » est encore plus faible (- 0,10). Cette absence de relation peut être liée à plusieurs causes : l'importance et la fréquence des restitutions de matière végétale au sol, (cycles culturaux de courte durée : 9 à 10 mois), la CEC élevée de ce type de sol, la faible vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol (DELVAUX et GUYOT, 1989), les inondations

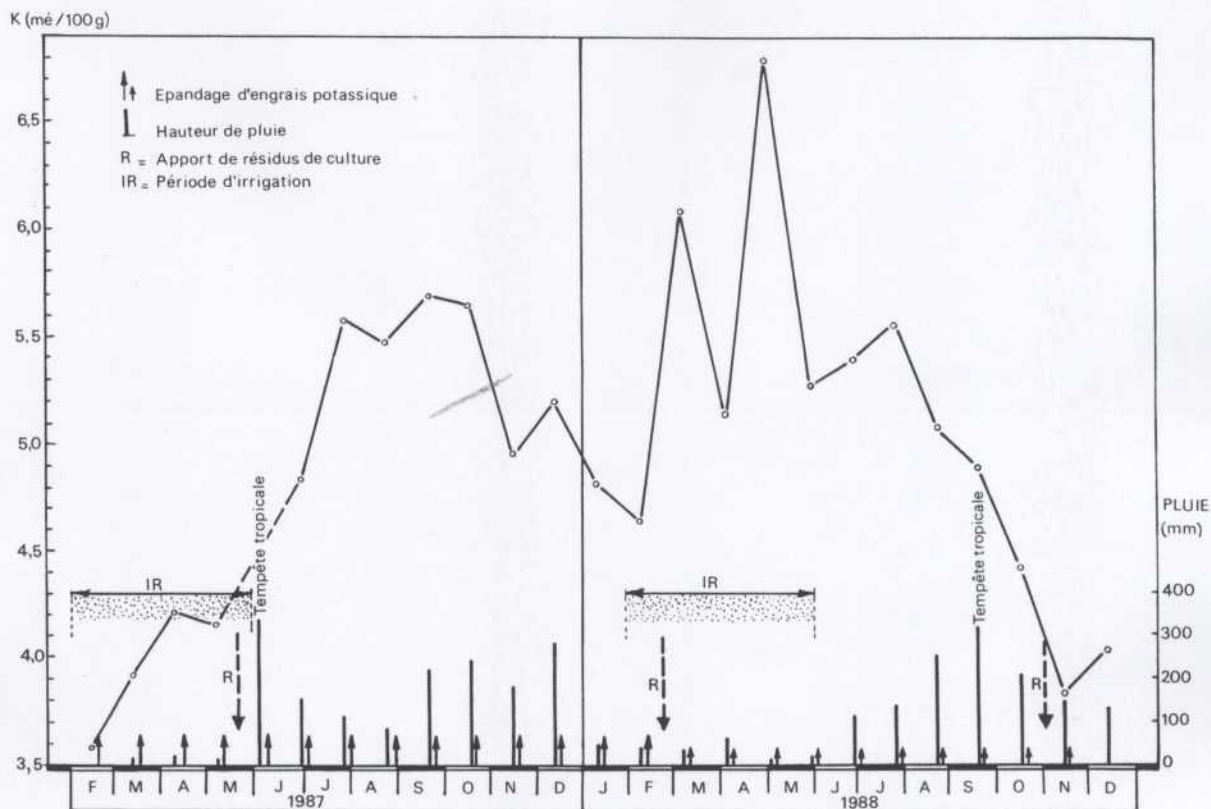


Figure 3 • EVOLUTION DU POTASSIUM ECHANGEABLE.

relativement fréquentes et l'importance des apports fertilisants en début d'expérimentation. Au cours de la deuxième année, où les apports ont été réduits, on observe, en effet, un meilleur parallélisme entre l'évolution du  $K^+$  échangeable et la pluviosité (figure 3, année 1988).

L'importance des variations de la teneur en  $K^+$  échangeable au cours de l'expérimentation suggère une grande «mobilité» de cet élément entre les compartiments du complexe d'échange et de la solution du sol, siège des phénomènes d'absorption des éléments nutritifs par la plante et de leur lixiviation par les eaux de drainage. La teneur en potassium est négativement corrélée à la teneur en  $Ca^{2+}$  ( $r = -0,45^*$ ) et à la somme des teneurs en cations divalents ( $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ ) ( $r = -0,44^*$ ).

La compétition entre ces cations divalents et le potassium peut être approchée par l'étude de l'échange ionique ( $Ca^{2+} - K^+$ ). Celui-ci a été effectué, après saturation calcique de l'échangeur, par des équilibres successives avec des solutions mixtes  $CaCl_2 - KCl$  de concentration totale en sels proche de 0.01 N (FONTAINE et DELVAUX, 1989). Le tracé de l'isotherme d'échange est illustré à la figure 4. L'échangeur montre une préférence pour l'ion  $Ca^{2+}$  si l'on considère la diagonale du diagramme carré comme la droite de non préférence. En chaque point expérimental de la courbe isotherme, on peut calculer la valeur du coefficient de sélectivité de Gapon  $K_G$ , comme suit :

$$K_G = \frac{K_{ads}^+ / Ca_{ads}^{2+}}{KAR} \text{ (mole } \cdot L^{-1})^{-1/2}$$

où  $K_{ads}^+$ ,  $Ca_{ads}^{2+}$  désignent les teneurs respectives en  $K^+$

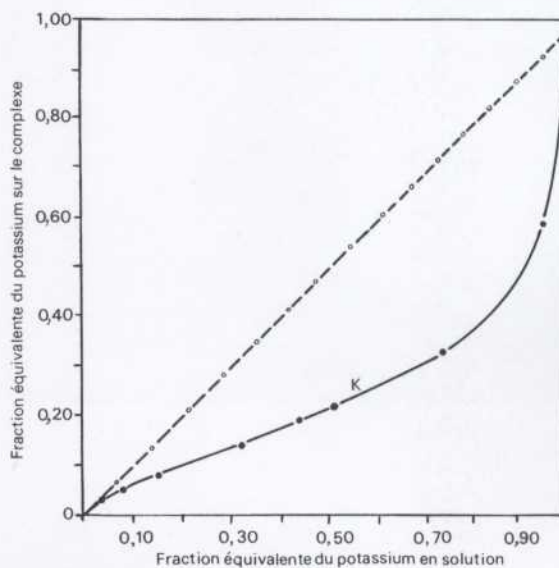


Figure 4 • ISOTHERME D'ECHANGE Ca/K. (D. BEBRE, laboratoire des sols du CIRAD).

et  $Ca^{2+}$  adsorbés sur l'échangeur, KAR [(mole  $\cdot L^{-1})^{1/2}$ ] désigne le «potassium adsorption ratio» ou rapport des activités ioniques en solution  $K/\sqrt{Ca}$ .

La variation du coefficient  $K_G$  en fonction de la fraction équivalente du potassium en phase surface est comparée à la figure 5 à celle déterminée pour l'horizon A d'un

sol brun andique (profil CO2, FONTAINE et DELVAUX, 1989). Cette figure illustre la faible sélectivité potassique du sol étudié (alluvion verticale) par rapport à celle du sol brun andique, particulièrement aux faibles valeurs de saturation du complexe d'échange en K<sup>+</sup>.

On sait cependant que le pouvoir tampon du sol pour l'ion K<sup>+</sup>, c'est-à-dire sa capacité à maintenir une concentration suffisante en potassium dans la solution du sol, n'est pas seulement lié à la sélectivité de l'échangeur pour cet élément, mais aussi à la valeur de sa capacité d'échange. La courbe Q/I (Quantité/Intensité) (BECKETT, 1964), intègre à la fois les notions de sélectivité et de capacité d'échange et permet de chiffrer le pouvoir tampon du sol vis-à-vis du potassium. Elle est illustrée à la figure 6, où le sol vertique est à nouveau comparé au sol brun andique CO2 (FONTAINE et DELVAUX, 1989). La courbe Q/I comprend classiquement deux parties : une partie courbe, liée à la présence de sites d'adsorption spécifique de l'ion K<sup>+</sup>, et une partie linéaire, décrite par l'équation de Gapon, correspondant à l'échange K<sup>+</sup> - Ca<sup>2+</sup> sur des sites non spécifiques de l'ion K<sup>+</sup>. Le pouvoir tampon du sol pour ce cation ou «Potential Buffering Capacity» (PBC) est défini par la pente de la partie linéaire de la relation Q/I (BECKETT, 1964) :

$$PBC = \frac{\Delta K}{\Delta KAR} \text{ (m\acute{e}/100 g)/(mole. L}^{-1}\text{)}^{1/2}$$

Dans le cas du sol vertique, la valeur du PBC est de 49.09 (m\acute{e}/100 g)/(mole. L<sup>-1</sup>)<sup>1/2</sup>. Elle est nettement supérieure à celle du sol brun andique (PBC = 8.5), qui se distingue par une sélectivité potassique plus marquée aux faibles valeurs du KAR (cf. figure 5). Ces différences de pouvoir tampon sont vraisemblablement liées aux différences de CEC, ce paramètre étant mesuré ici par la valeur moyenne de la somme des espèces ioniques adsorbées (K<sup>+</sup> + Ca<sup>2+</sup>) au cours de l'isotherme d'échange. Dans le cas du sol vertique, une CEC élevée semble donc garantir un pouvoir tampon élevé de ce sol vis-à-vis du potassium.

Par une simulation de l'isotherme d'échange à partir d'un modèle à deux sites, le nombre de sites d'adsorption spécifique de l'ion K<sup>+</sup> est estimé à 3 m\acute{e}/100 g. La sélectivité de ces sites pour le potassium est cependant très réduite, au vu des valeurs de K<sub>G</sub> aux faibles saturations en K<sup>+</sup> de l'échangeur. Rappelons que le nombre total de sites d'échange peut être mesuré par la CEC. Le nombre de sites d'adsorption spécifique de l'ion K<sup>+</sup> est calculé à partir des points expérimentaux de la courbe isotherme selon un modèle à deux types de sites précisé ailleurs (DUFÉY et DELVAUX, 1989) et illustré antérieurement (FONTAINE et DELVAUX, 1989). Ce nombre de sites spécifiques reflète la proportion de la CEC manifestant une adsorption plus spécifique de l'ion K<sup>+</sup>. Il a pu être assimilé à la teneur maximale critique en potassium, c'est-à-dire la teneur en K<sup>+</sup> au-delà de laquelle les pertes par lixiviation deviennent excessives.

Ces résultats permettent de déduire les éléments suivants :

1. La CEC élevée du sol étudié (alluvions vertiques à montmorillonite) garantit un pouvoir tampon élevé pour le potassium.
2. La faible sélectivité du complexe d'échange pour cet élément peut expliquer sa grande mobilité entre les com-

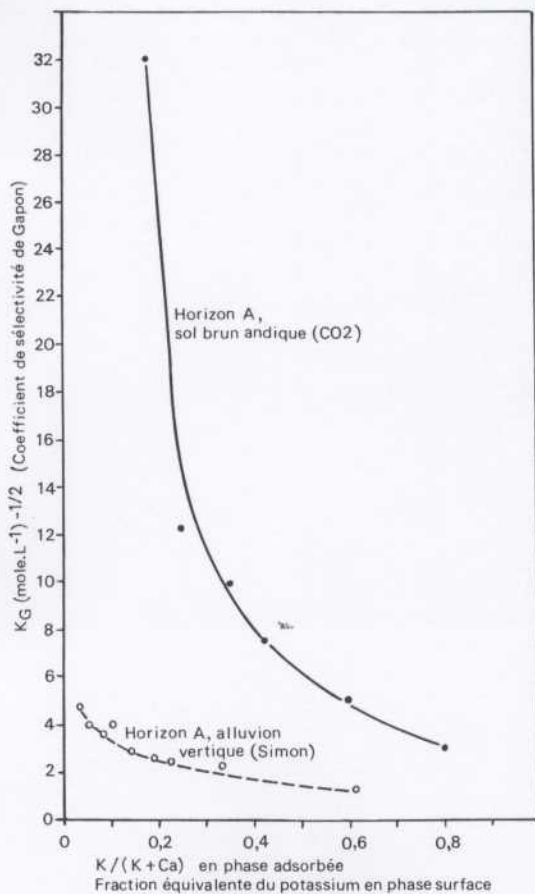


Figure 5 • VARIATION DU COEFFICIENT DE SÉLECTIVITÉ DE GAPON K<sub>G</sub> EN FONCTION DE LA SATURATION EN K<sup>+</sup> DES SITES D'ÉCHANGE POUR LE SOL VERTIQUE ET UN SOL BRUN ANDIQUE ETUDIÉ PAR AILLEURS (profil CO2, horizon A; FONTAINE et DELVAUX, 1989).

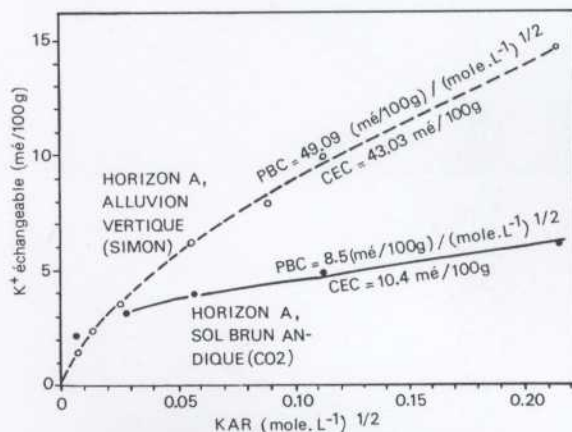


Figure 6 • COURBES Q/I (quantité/intensité) EXPRIMANT LA VARIATION DE LA TENEUR EN K<sup>+</sup> ÉCHANGEABLE EN FONCTION DU RAPPORT D'ACTIVITÉS IONIQUES KAR (K/√Ca) EN SOLUTION. COMPARAISON DU SOL VERTIQUE ETUDIÉ AVEC L'HORIZON A D'UN SOL BRUN ANDIQUE (profil CO2, FONTAINE et DELVAUX, 1989).

partiments complexe d'échange et solution du sol, d'où l'importance de la variation des teneurs en  $K^+$  échangeable au cours de l'expérimentation (figure 3).

3. Une politique de fertilisation régulière visant à maintenir la teneur en potassium autour de 3 mé/100 g permettrait, en toute sécurité, de garantir une nutrition potassique adéquate des bananiers et de réduire les pertes en potassium par la lixiviation.

#### Calcium.

Aucun amendement calcique n'est apporté dans cette terre riche en calcium échangeable et total (24 et 62 mé/100 g).

On n'observe pas d'évolution nette des teneurs en Ca au cours des deux années d'observations (figure 7). Vingt p. 100 des variations sont expliquées par les teneurs en potassium (coefficient de corrélation :  $r = -0,45^*$ ). Certains écarts entre les différentes analyses peuvent, aussi, s'expliquer par l'hétérogénéité du sol et l'erreur expérimentale. Pour une date de prélèvement, l'intervalle de confiance de la moyenne des 5 échantillons de terre (1 par sous-parcelle) varie en effet de 5 à 17 p. 100.

#### Magnésium.

Comme pour le calcium, il n'y a eu aucun apport d'engrais magnésien et les variations des teneurs : mini = 10,2, maxi = 12,2 mé/100 g (figure 8) sont dues à l'hétérogénéité du sol et à l'erreur expérimentale. Les intervalles de confiance des moyennes sont du même ordre de grandeur que ceux du calcium.

#### pH.

Les pH varient peu autour d'une valeur moyenne de 4,25 : mini = 3,9, maxi = 4,6 (figure 9). Les teneurs en N minéral expliquent 29 p. 100 des variations (corrélation négative), celles en calcium : 45 p. 100 et les teneurs en magnésium : 22 p. 100. Le coefficient de corrélation le plus élevé est de 0,73\*\* entre la somme : Ca + Mg et le pH.

#### Phosphore.

Cet élément n'a été analysé qu'à une fréquence annuelle. Les apports d'engrais minéraux ont été de 100 g de  $P_2O_5$  par bananier la première année (230 kg/an) et de 70 g la deuxième année (160 kg/ha). La teneur en P assimilable, déjà élevée en début d'expérimentation, s'est accrue de 27

p. 100 la première année puis « stabilisée » (tableau 1).

#### Observations sur les bananiers.

L'expérimentation ayant été conduite chez un planteur, il n'a pas été possible de peser les récoltes. Le poids moyen des régimes produits sur ce domaine est de 20 kg et l'on peut considérer que cette moyenne correspond, aussi, à celle de la parcelle expérimentale. Les rendements relativement faibles obtenus sur cette plantation sont dus, probablement, en grande partie au mauvais drainage de terres et aux inondations fréquentes.

La conduite de l'oeilletonnage telle qu'elle est pratiquée sur ce domaine (cf. paragraphe « Conduite de l'expérimentation ») n'a pas permis de mesurer, régulièrement, le développement des bananiers. Les circonférences des stipes à 30 cm de hauteur au stade « floraison » sont de 61 et 78 cm aux premier et second cycles et de 73 cm au troisième cycle quand 63 p. 100 des bananiers sont fleuris.

#### CONCLUSION

Comme dans les autres types de sols de Martinique, la lixiviation des engrais azotés et potassiques est importante dans les terres d'alluvions vertiques à montmorillonite.

Les pertes les plus abondantes en azote minéral se produisent aux périodes pluvieuses mais la corrélation entre la pluviosité et les gains ou les pertes en N du sol ( $r = -0,59^{**}$ ), bien que statistiquement significative ( $P < 0,01$ ), est moins étroite que dans les autres sols précédemment étudiés : peu évolués sur ponces, andosol, brun à halloysite, ferrisol. En moyenne, le seuil critique de pluviosité (SCP) se situe à 130 mm, mais les écarts par rapport à cette moyenne peuvent être importants. Une hypothèse plausible pour expliquer ces résultats est que la technique de restitution des résidus de culture pratiquée par le planteur dans cette bananeraie a fortement modifié la dynamique de l'azote minéral du sol. En général, les bananiers sont coupés au moment de la récolte du régime et l'oeilletonnage est effectué en cours de végétation ; l'apport de résidus végétaux est donc étalé dans le temps. Dans cette plantation, tous les bananiers et les rejets sont coupés le même jour. Une masse abondante de matière végétale (150 à 200 t/ha) est, ainsi, épandue sur les petits interlignes tous les 9 à 10 mois et non plus étalée au cours de l'année. Ces résidus de culture apportent au sol des éléments minéraux : N, P, K, Ca, Mg mais surtout de l'azote et du potassium, qui n'ont pas été quantifiés. D'autre part, on ne connaît pas le devenir de l'engrais minéral épandu sur cette épaisse couche de résidus végétaux (pénétration dans le sol avec les eaux de pluie ou d'irrigation ; pertes par ruissellement ou par volatilisation ?).

TABLEAU 1 - Teneurs en phosphore.

	(horizon 0-25 cm)		
	février 1987	février 1988	décembre 1988
P assimilable TRUOG (1) (ppm)	153 (b)	194 (a)	192 (a)
P total (ppm)	1 256	-	-

(1) - comparaison des moyennes par les tests de Fisher ( $F = 25,1^{**}$ ) et de Newman-Keuls (a, b).

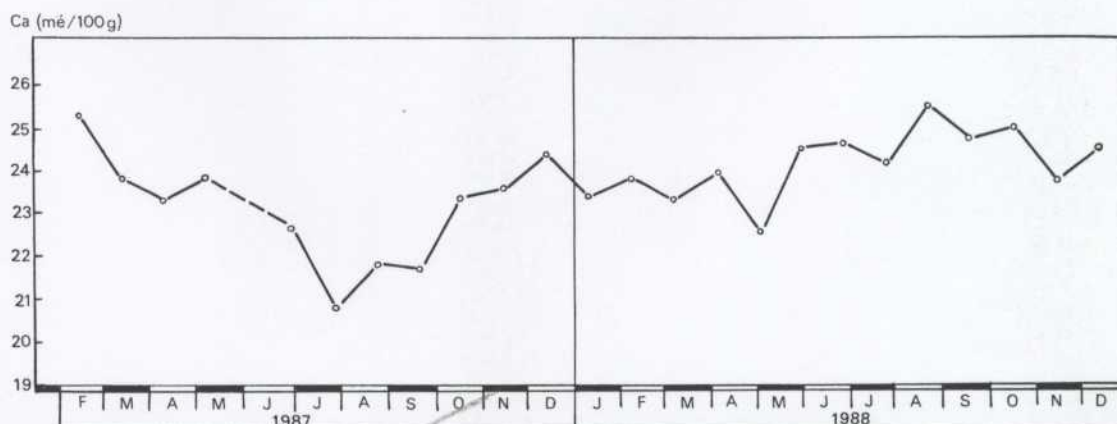


Figure 7 • EVOLUTION DU CALCIUM ECHANGEABLE.

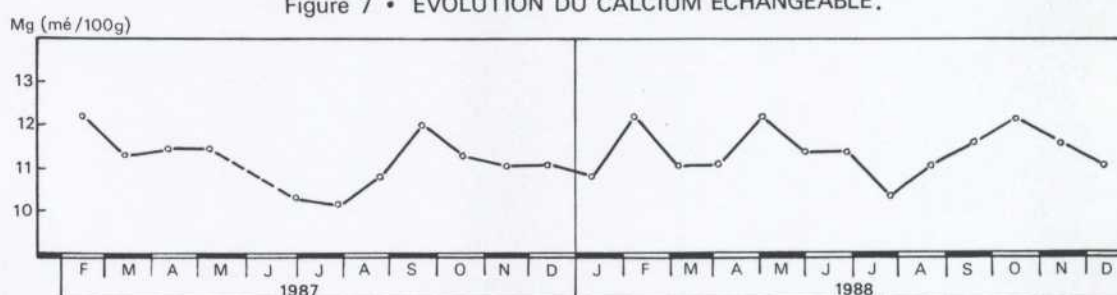


Figure 8 • EVOLUTION DU MAGNESIUM ECHANGEABLE.

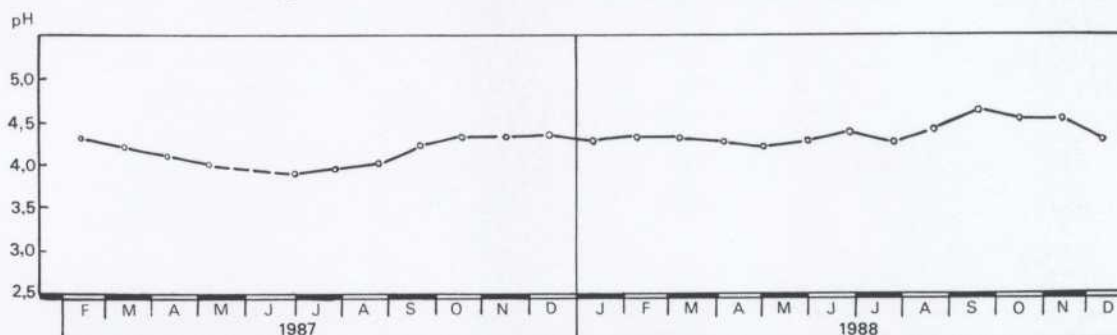


Figure 9 • EVOLUTION DU pH.

Cet artéfact, conséquence de la conduite de cette expérimentation chez un planteur, est encore plus net pour le potassium, ce qui s'explique par le fait que les résidus contiennent, environ 5 fois plus de K que de N. On n'observe pas de relation entre la pluviosité et les gains ou les pertes en potassium dans le sol ( $r = -0,18$ ). La lixiviation importante de K dans cette terre argileuse à capacité de fixation des cations élevée ( $CEC = 40$  mé/100 g), est due à la richesse du sol en potassium ( $> 3,5$  mé/100 g) conséquence des fumures potassiques abondantes pratiquées depuis plusieurs décennies dans cette bananeraie. Une simulation de l'isotherme d'échange  $Ca^{2+} - K^+$  à partir du modèle de DUFÉY et DELVAUX (1989) permet, en effet, d'estimer à 3 mé/100 g le nombre de sites d'adsorption spécifique de l'ion  $K^+$ . Il n'y a donc pas intérêt, vis-à-vis de la lixiviation, d'enrichir le sol en potassium en dessus de 3 mé/100 g. Cette teneur est suffisante pour assurer une bonne nutrition potassique du bananier. Les apports d'engrais potassique appliqués dans cette parcelle expérimentale (970 kg/ha/an la première année, 615 kg la seconde année) sont

trop élevés. La fumure pourrait être réduite, l'objectif étant de compenser les exportations du potassium par les régimes et de maintenir la teneur en  $K^+$  du sol voisine de 3 mé/100 g, niveau considéré comme optimal dans ce type de sol.

En absence d'études des quantités d'engrais azotés et potassiques optimales, on peut considérer que les caractéristiques de ce sol d'alluvions argileuses, vis-à-vis de la dynamique de N et de K apportés par les engrais, sont assez comparables à celles des sols bruns à halloysite (GODEFROY et DORMOY, 1989) et qu'il est possible d'appliquer une fertilisation voisine dans les deux types de sols. Pour ces terres d'alluvions verticales nous conseillons de fertiliser avec un engrais complexe dont le rapport  $N/K_2O$  est égal à 1, une fréquence des épandages basée sur un SCP de 150 à 200 mm de pluie et une dose de 10 à 12 g de N et de  $K_2O$  par bananier. En ce qui concerne la fumure potassique, ces quantités pourront, toutefois, être modifiées en fonction de la teneur du sol, par rapport à la valeur

optimale. On précisera que les irrigations par aspersion sont comptabilisées avec les pluies, pour le calcul du SCP.

#### REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient M. Xavier de REYNAL et son gèreur M. Jean Guy GOUYER qui, par la mise à la disposition de l'IRFA d'une parcelle de la bananeraie du Simon, ont permis la réalisation de cette étude.

TABLEAU ANNEXE 1 - Caractéristiques physiques (1) du sol de la parcelle expérimentale (horizon : 0-25 cm)

Plantation	Simon		
Parcelle	Césarion		
Pente	1 p. 100		
Référence-essai	BA.MR.PED.20		
Date	février 1987		
	$\bar{x}$ (3)	$\sigma$	CV %
<b>Graviers</b> (en p. 100 de la terre fine+ graviers)	7,2	1,18	16,4
<b>Granulométrie</b> (en p. 100 de la terre fine)			
. argile	52,6	2,13	4,0
. limon fin	21,1	1,05	5,0
. limon grossier	10,7	0,97	9,1
. sable fin	12,0	1,31	10,9
. sable grossier	3,6	0,68	18,8
<b>Humidité massique (2) à différents pH</b> (en p. 100 de la terre fine)			
. 4,2	43,0		
. 3,5	44,5		
. 3,0	45,7		
. 2,5	50,3		
<b>Humidité à la capacité au champ</b> (en p. 100 du poids de terre fine+ graviers) d'après les mesures «in situ»	45 à 50		
<b>Densité apparente</b>	1,0		

(1) - analyses : laboratoire des sols CIRAD/Montpellier.

(2) - mesures sur la terre fraîche et sur le mélange des 5 échantillons.

(3) -  $\bar{x}$  = moyenne des 5 sous-parcelles ;  $\sigma$  = écart-type ; CV = coefficient de variation :  $\frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100$ .

#### BIBLIOGRAPHIE

- BECKETT (Ph.). 1964.  
The «immediate» Q/I relations of labile potassium in the soil.  
*Soil Sci.*, 97 (6), 376-383.
- COLMET-DAAGE (F.) et col. 1969.  
Carte pédologique de la Martinique au 1/20 000 (ORSTOM).
- DELVAUX (B.) et col. 1989.  
Amélioration de la fertilité des sols et rationalisation des techniques culturales des bananeraies en Martinique.  
*Doc. IRFA/CIRAD* ; réf. archives numéro 19-148, 50 p.
- DELVAUX (B.) et GUYOT (Ph.). 1989.  
Caractérisation de l'enracinement du bananier au champ.  
Incidences sur les relations sol-plante dans les bananeraies intensives de la Martinique.  
*Fruits*, 44 (12), 633-647.
- DUFEY (J.E.) and DELVAUX (B.). 1989.  
Modeling potassium-calcium exchange isotherms in soils.  
*Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53, 1297-1299.
- FONTAINE (Sylvie) et DELVAUX (B.). 1989.  
Propriétés d'échange ionique de sols volcaniques de la Martinique.  
Application à la programmation de la fumure potassique.  
*Fruits*, 44 (3), 123-133.
- GODEFROY (J.) et DORMOY (Micheline). 1983.  
Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans les sols des bananeraies martiniquaises.  
*Fruits*, 38 (5), 373-386 (a) ; (6), 451-459 (b).
- GODEFROY (J.) et DORMOY (Micheline). 1988.  
Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans le complexe «sol-bananeraie-climat».  
Application à la programmation de la fumure.  
Cas des sols volcaniques peu évolués de basse altitude.  
*Fruits*, 43 (1), 3-13.  
Cas des sols volcaniques peu évolués de moyenne altitude.  
*Fruits*, 43 (3), 133-141.  
Cas des andosols.  
*Fruits*, 43 (5), 263-267.  
Cas des sols bruns à halloysite.  
*Fruits*, 44 (1), 3-12.
- GODEFROY (J.) et DORMOY (Micheline). 1990  
Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans un ferrisol de Martinique sous culture bananière.  
Application à la programmation de la fumure.  
*Fruits*, 45 (2), 93-101.



TABLEAU ANNEXE 2 - Caractéristiques (1) chimiques du sol de la parcelle expérimentale (horizon : 0-25 cm)

Plantation Parcelle Date	Simon Césarion février 1987		
	$\bar{x}$ (2)	$\sigma$	CV %
<b>Matière organique (p. 1000)</b>			
. C organique	18,3	1,71	9,3
. M.O.	31,6	2,94	9,3
. N Total	1,8	0,15	8,3
. C/N	10	0	0
<b>Cations échangeables (mé/100 g)</b>			
a) Extraction acétate d'ammonium 1N*			
. Ca	25,3	1,21	4,8
. Mg	12,2	0,66	5,4
. K	3,6	0,55	15,4
. CEC à pH = 7,0	52,0	0,91	1,8
b) Extraction chlorure de cobaltihexamine			
. Ca	24,0	0,94	3,9
. Mg	12,7	0,33	2,6
. K	2,7	0,53	19,6
. Na	0,3	0,01	3,3
. Al	1,85	0,34	18,4
. H <sup>+</sup>	0,20	0,02	10,0
. CEC à pH = 4,0	39,0	2,14	5,5
<b>Réaction du sol</b>			
. pH sur pâte saturée d'eau *	4,3	0,18	4,1
. pH solution de CO (NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> Cl <sub>3</sub>	4,0	0,05	1,3
<b>Phosphore (P ppm)</b>			
. Total	1 256	47,6	3,8
. Truog *	153	9,6	6,3
<b>Cations totaux (mé/100 g)</b>			
. Ca	62,0	1,16	1,9
. Mg	103,8	2,59	2,5
. K	10,8	0,84	7,8

(1) analyses: laboratoire des sols CIRAD/Montpellier et IRFA Martinique\*

(2)  $\bar{x}$  = moyenne de 5 sous-parcelles ;  $\sigma$  = écart-type ; CV = coefficient de variation :  $\frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100$ **LORIDAT (Ph.). 1989.**

Etude de la microflore fongique et des nématodes associés aux nécroses de l'appareil souterrain du bananier en Martinique : mise en évidence du pouvoir pathogène du genre *Cylindrocladium*.  
*Fruits*, 44 (11), 587-598.

**MONTAGUT (G.) et MARTIN-PREVEL (P.). 1965.**

Essais sol-plante sur bananiers.  
1. Besoins en engrais des bananeraies antillaises.  
*Fruits*, 20 (6), 265-273.

**DINAMICA DE LOS ELEMENTOS MINERALES FERTILIZANTES EN UN SUELO DE ALUVIONES ARCILLOSOS MONTMORILLONITICOS DE MARTINICA BAJO CULTIVO BANANERO.**

Aplicación a la programación del abonado.

J. GODEFROY, B. DELVAUX y Micheline DORMOY.

*Fruits*, Nov.-Dec. 1990, vol. 45, n° 6, p. 543-551.

RESUMEN - Como en todos los suelos de platanales, la evolución del nitrógeno mineral está en función de los aportes de abonos y de la pluviosidad de la estación (lixiviación). En este suelo arcilloso en el que la montmorillonita es el mineral dominante, la capacidad de intercambio catiónico (CEC) es alta (40 mé/100 g) pero la selectividad de los sitios de adsorción específica del ion K<sup>+</sup> es relativamente es-

casa ; del orden de 3 mé/100 g, es decir 7% de la CEC. Habida cuenta del poder tampon elevado del suelo de cara al potasio, es necesario que sea rico en K<sup>+</sup> con el fin de mantener una concentración suficiente en potasio en la solución del suelo y, así, asegurar una buena nutrición potásica de la planta. Un nivel elevado en K<sup>+</sup> es tanto más necesario cuanto que el suelo es rico en Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> (suma = 37 mé/100 g).

Para una tierra de platanal cuyo contenido en potasio intercambiable se aproxima a 3 mé/100 g, valor considerado como óptimo en este tipo de suelo, recomendamos fertilizar con un abono complejo cuya relación N/K<sub>2</sub>O sea igual a 1, una frecuencia de los esparcimientos basada en un umbral crítico de pluviosidad (SCP) de 150 a 200 mm y una dosis de 10 a 12 g de N y de K<sub>2</sub>O por planta.

